



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 46 412 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**C 08 F 283/00**  
C 08 F 261/04  
C 08 F 251/00  
A 61 L 15/60  
C 08 F 6/02

②① Aktenzeichen: 198 46 412.6  
②② Anmeldetag: 8. 10. 1998  
④③ Offenlegungstag: 13. 4. 2000

DE 198 46 412 A 1

⑦① Anmelder:  
BASF AG, 67063 Ludwigshafen, DE

⑦② Erfinder:  
Dentler, Joachim, 63486 Bruchköbel, DE; Funk,  
Rüdiger, Dr., 65527 Niedernhausen, DE; Herfert,  
Norbert, Dr., 63674 Albstadt, DE; Wanior, Mariola,  
63526 Erlensee, DE; Engelhardt, Fritz, Dr.,  
Chesapeake, Va., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑥④ Hydrophile hochquellfähige Hydrogele sowie Verfahren zu ihrer Herstellung und Verwendung

DE 198 46 412 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft hydrophile, hochquellfähige Hydrogele mit hohem Aufnahmevermögen für Wasser und wäßrige Flüssigkeiten, ihr Herstellungsverfahren und die Verwendung dieser Hydrogele.

Hydrophile Hydrogele, die durch Polymerisation ungesättigter Säuren, wie beispielsweise Acrylsäure, Methacrylsäure, Acrylamidopropansulfonsäure usw., in Gegenwart geringer Mengen mehrfach olefinisch ungesättigter Verbindungen erhalten werden können, sind bereits als superabsorbierende Polymere bekannt. Weiterhin sind auch hydrophile Hydrogele bekannt, die durch Pffropfcopolymerisation olefinisch ungesättigter Säuren auf unterschiedliche Matrices, wie beispielsweise Polysaccharide, Polyalkylenoxide sowie deren Derivate, zugänglich sind.

Die genannten Hydrogele zeichnen sich durch ein hohes Aufnahmevermögen für Wasser und wäßrige Lösungen aus und finden daher bevorzugt Anwendung als Absorptionsmittel in Hygieneartikeln.

Die Herstellung solcher wasserquellbarer hydrophiler Polymerer erfolgt in der Regel durch radikalische Polymerisation in wäßriger Lösung, die die Monomeren, sowie gegebenenfalls Pffropfgrundlage und Vernetzer enthält.

Für die Verwendung der wasserquellbaren hydrophilen Polymeren in Hygiene und Sanitärbereich werden Polymerisate erzeugt, deren Neutralisationsgrad zwischen 50 und 85 Mol-% bezogen auf die polymerisierten, Säuregruppen enthaltenden Monomereinheiten, beträgt, so daß bei der Verwendung hautneutral wirkende Hydrogele gebildet werden.

Die Einstellung des Neutralisationsgrades wird in der Regel vor der Polymerisation vorgenommen, da so die technisch schwierig durchzuführende Neutralisation eines sauren, hochviskosen Hydrogels umgangen wird. Nun zeigt aber die Polymerisation von z. B. Acrylsäure im neutralen pH-Bereich eine niedrigere Polymerisationsgeschwindigkeit und führt zu niedrigeren Molekulargewichten als die Polymerisation im sauren Bereich. Dies wird durch die elektrostatische Abstoßung zwischen der zuletzt eingebauten Monomereinheit und der neu einzubauenden Monomereinheit erklärt, die im Falle der Polymerisation im sauren pH-Bereich nicht oder nur gering auftritt, da die Monomereinheiten in der ungeladenen, sauren Form vorliegen.

Mit dem Trend zu immer dünner werdenden Windelkonstruktionen werden an die wasserquellbaren hydrophilen Polymeren zunehmend steigende Anforderungen hinsichtlich Absorptionsvermögen, Flüssigkeitsaufnahme und Flüssigkeitstransport innerhalb des Hygieneartikels, insbesondere auch unter Druckbelastung, gestellt.

In den Patentschriften EP-A-0 640 330, WO 95/22358, WO 95/26209 und WO 97/12575 wird ein Test zur Messung der Gelpermeabilität von gequollenen Hydrogelpartikeln beschrieben (Saline Flow Conductivity, SFC). Hierbei wird der Durchfluß einer Kochsalz-Lösung durch eine vorgequollene Hydrogel-Partikelschicht unter einem Druck von 0,3 psi bestimmt. Da bei dieser Testmethode die Kochsalz-Lösung in Richtung der Schwerkraft durch die gequollene Gelschicht hindurchfließt, ist diese Methode wenig geeignet, auftretende Kapillarkräfte zu charakterisieren. In der Praxis ist für die Qualität von Hygieneartikeln jedoch bedeutsam, daß Flüssigkeit unter Druckbelastung auch entgegen der Schwerkraft transportiert werden kann, d. h. hier spielen Kapillarkräfte eine bedeutsame Rolle.

Es bestand daher die Aufgabe, hydrophile, hochquellfähige Hydrogele mit verbesserten Absorptionseigenschaften, insbesondere mit verbesserter Kapillarität unter Druckbelastung sowie ein Verfahren zu ihrer Herstellung bereitzustellen.

len.

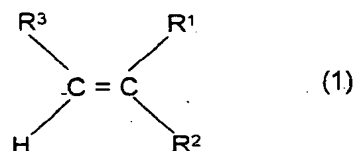
Diese Aufgabe wird gelöst durch ein hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel auf Basis (co)polymerisierter Monomerer oder auf Basis von Propf(co)polymerer, hergestellt durch

- a) radikalische (Co)polymerisation von einem oder mehreren hydrophilen Monomeren oder Pffropf(co)polymerisation von einem oder mehreren hydrophilen Monomeren auf eine Pffropfgrundlage, wobei der durchschnittliche Neutralisationsgrad der säuregruppenhaltigen Monomeren 0 bis 40 Mol-% beträgt
- b) Zerkleinerung des sauren Hydrogels
- c) Nachneutralisation des sauren Hydrogels auf einen End-Neutralisationsgrad von 50–85 mol-% durch Zugabe eines Neutralisationsmittels
- d) Trocknung, Mahlung und Siebung der Hydrogelteilchen, dadurch gekennzeichnet, daß das Hydrogel
  - eine Zentrifugenretention für eine 0,9%ige wäßrige NaCl-Lösung von mindestens 29 g/g und
  - eine Quellschicht bei der Vertikalabsorption (1 g) von mindestens 3,5 cm einen Gehalt an Extrahierbaren (16 h-Wert) kleiner 5% aufweist
- oder
- eine Zentrifugenretention für eine 0,9%ige wäßrige NaCl-Lösung von mindestens 23 g/g und
- eine Quellschicht bei der Vertikalabsorption (3 g) von mindestens 5 cm
- einen Gehalt an Extrahierbaren (16 h-Wert) kleiner 4% aufweist.

Die erfindungsgemäßen hydrophilen, hochquellfähigen Hydrogele sowie das Verfahren zu ihrer Herstellung werden im folgenden erläutert.

Zur Herstellung der erfindungsgemäßen, wasserquellbaren hydrophilen Polymeren geeignete hydrophile Monomere sind beispielsweise polymerisationsfähige Säuren, wie Acrylsäure, Methacrylsäure, Vinylsulfonsäure, Vinylphosphonsäure, Styrolsulfonsäure, Maleinsäure einschließlich deren Anhydrid, Fumarsäure, Itaconsäure, 2-Acrylamido-2-methylpropansulfonsäure, 2-Acrylamido-2-methylpropanphosphonsäure sowie deren Amide, Hydroxyalkylester, aminogruppen- oder ammoniumgruppenhaltige Ester und Amide. Desweiteren geeignet sind wasserlösliche N-Vinylamide oder auch Diallyldimethylammoniumchlorid.

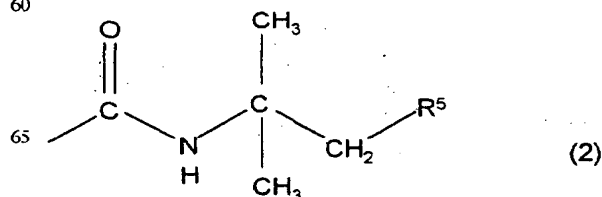
Bevorzugte hydrophile Monomere sind Verbindungen der allgemeinen Formel 1



worin

R<sup>1</sup> Wasserstoff, Methyl oder Ethyl,

R<sup>2</sup> die Gruppe -COOR<sup>4</sup>, die Sulfonylgruppe, die Phosphonylgruppe, die mit (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)-Alkanol veresterte Phosphonylgruppe oder eine Gruppe der Formel (2)

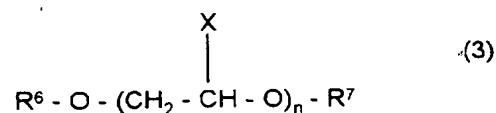


R<sup>3</sup> Wasserstoff, Methyl, Ethyl oder die Carboxylgruppe, R<sup>4</sup> Wasserstoff, Amino oder Hydroxy-(C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)-Alkyl und R<sup>5</sup> die Sulfonylgruppe, die Phosphonylgruppe oder die Carboxylgruppe bedeuten.

Beispiele für (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)-Alkanole sind Methanol, Ethanol, n-Propanol oder n-Butanol.

Besonders bevorzugte hydrophile Monomere sind Acrylsäure und Methacrylsäure.

Geeignete Pflropfundlagen können natürlichen oder synthetischen Ursprungs sein. Beispiele sind Stärke, Cellulose oder Cellulosederivate sowie andere Polysaccharide und Oligosaccharide, Polyvinylalkohol, Polyalkylenoxide, insbesondere Polyethylenoxide und Polypropylenoxide, sowie hydrophile Polyester. Geeignete Polyalkylenoxide haben beispielsweise die Formel (3)



worin

R<sup>6</sup> und R<sup>7</sup> unabhängig voneinander Wasserstoff, Alkyl, Alkenyl oder Acryl,

X Wasserstoff oder Methyl und

n eine ganze Zahl von 1 bis 10000 bedeuten.

R<sup>6</sup> und R<sup>7</sup> bedeuten bevorzugt Wasserstoff, (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)-Alkyl, (C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>)-Alkenyl oder Phenyl.

Die hydrophilen, hochquellfähigen Hydrogele sind bevorzugt vernetzt, d. h. sie enthalten Verbindungen mit mindestens zwei Doppelbindungen, die in das Polymernetzwerk einpolymerisiert sind.

Geeignete Vernetzer sind insbesondere Methylenbisacryl- bzw. -methacrylamid, Ester ungesättigter Mono- oder Polycarbonsäuren von Polyolen, wie Diacrylat oder Triacrylat, z. B. Butandiol- oder Ethylenglykoldiacrylat bzw. -methacrylat sowie Trimethylolpropantriacylat, Allylverbindungen wie Allyl(meth)acrylat, Triallylcyanurat, Maleinsäurediallylester Polyallylester, Tetraallyloxyethan, Triallylamin, Tetraallylethylendiamin, Pentaerythritoltrialylester oder Allylester der Phosphorsäure sowie Vinylverbindungen wie Vinylacrylat, Divinyladipinat, Divinylbenzol und Vinylphosphonsäurederivate, wie sie beispielsweise in der EP-A-0 343 427 beschrieben sind.

Zur Auslösung der Polymerisation können energiereiche elektromagnetische Strahlen oder die üblichen chemischen Polymerisationsinitiatoren herangezogen werden, z. B. organische Peroxide, wie Benzoylperoxid, tert.-Butylhydroperoxid, Methylethylketonperoxid, Cumolhydroperoxid, Azoverbindungen wie Azodiisobutyronitril sowie anorganische Peroxiverbindungen wie Ammoniumpersulfat, Kaliumpersulfat oder Wasserstoffperoxid, gegebenenfalls in Kombination mit Reduktionsmitteln wie Natriumhydrogensulfid, und Eisen(II)-sulfat oder Redoxsystemen, welche als reduzierende Komponente eine aliphatische und aromatische Sulfinsäure, wie Benzolsulfinsäure und Toluolsulfinsäure oder Derivate dieser Säure enthalten, z. B. Mannichaddukte aus Sulfinsäure, Aldehyden und Aminoverbindungen.

Bevorzugt ist die Polymerisation in wäßriger Lösung nach der sogenannten Gel-Polymerisation unter Ausnutzung des Trommsdorff-Norrish-Effektes. Besonders bevorzugt ist, die Polymerisation in Ruhe ohne mechanische Durchmischung durchzuführen, so daß keine mechanischen Scherkräfte auf das sich bildende Hydrogel einwirken, die zu einer Erhöhung des Gehaltes an Extrahierbaren führen würden. Die Polymerisation kann hierbei sowohl diskontinuierlich, z. B. in einem zylindrischen Reaktor, oder kontinuierlich, z. B. durch Polymerisation auf einem Bandreaktor,

durchgeführt werden.

Die Grobzerkleinerung der erhaltenen Hydrogele erfolgt mittels üblicher Reiß- und/oder Schneidwerkzeuge, z. B. durch die Wirkung einer Austragspumpe im Falle der Polymerisation in einem zylindrischen Reaktor oder durch eine Schneidwalze oder Schneidwalzenkombination im Falle der Bandpolymerisation.

Auf diese Weise erhält man saure Hydrogel-Teilchen, die auf den gewünschten Endneutralisationsgrad von 50–85 Mol-% bezogen auf Säuregruppen tragende Monomereinheiten durch Nachneutralisation dieser Säuregruppen tragenden Monomereinheiten gebracht werden müssen. Diese Nachneutralisation ist ein technisch schwierig durchzuführender Prozeß, an den besondere Anforderungen gestellt werden. Zum einen darf das Gel bei dem Inkontaktbringen mit dem Neutralisationsmittel nicht zu sehr geschert werden, um einen Anstieg der Extrahierbaren zu vermeiden, der sich negativ auf die Produkteigenschaften des Endproduktes auswirkt und somit unerwünscht ist, zum anderen muß die Neutralisation vollständig homogen erfolgen.

Die nachträgliche Neutralisation von sauren Hydrogelen ist prinzipiell bekannt.

DE-A-26 12 846 offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines wasserabsorbierenden Harzes, wobei wenigstens eine Stärke und/oder Cellulose mit wenigstens einem wasserlöslichen Monomeren mit einer polymerisierbaren Doppelbindung und einem Vernetzer polymerisiert wird. Die erhaltenen Polymeren werden mit Alkalien neutralisiert, wobei das Verfahren zur Neutralisation nicht näher spezifiziert ist.

Nach EP-A-0 205 674 werden saure Polymerisate bei Temperaturen im Bereich von 0 bis 100°C, vorzugsweise 5 bis 40°C hergestellt, deren pH durch nachträgliche Teilneutralisation des Hydrogels eingestellt wird. Die Nachneutralisation wird hierbei durch Zugabe des Gels in eine sehr stark verdünnte Natronlauge erzielt. Dieses Verfahren ist nachteilig, da bei der Trocknung durch die starke Verdünnung der Natronlauge große Wassermengen verdampft werden müssen.

In EP-A-0 303 440 wird die Herstellung eines hydratisierten, vernetzten Gelpolymers beschrieben, bei dem die Säuregruppen enthaltenden Monomeren zu 10 bis 50 Mol-% neutralisiert sind, und welches durch Zugabe eines Neutralisationsmittels unter Nutzung der Scherkräfte der Rührblätter eines Reaktionsgefäßes mit einer Vielzahl von rotierenden Wellen auf den gewünschten Endneutralisationsgrad eingestellt wird. Nach diesem Verfahren wird zwar eine homogene Neutralisation erzielt, da ständig neue Oberfläche der Gelteilchen erzeugt wird, die Scherbelastung des Gels ist jedoch zu hoch und führt zum unerwünschten Anstieg der extrahierbaren Anteile.

EP-A-0 238 050 beansprucht ein Verfahren zur diskontinuierlichen Herstellung von vernetzten, feinteiligen, wasserabsorbierenden Polymerisaten, wobei die Polymerisation im Knetzer durchgeführt wird und der Neutralisationsgrad der (Meth)acrylsäure zwischen 0 und 100 Mol-% liegt. Die Nachneutralisation des Polymerisationsansatzes zum gewünschten End-pH erfolgt ebenfalls in dem auch als Polymerisationsreaktor benutzten Knetzer, und zwar entweder noch während der Polymerisation oder im Anschluß an die Polymerisationsreaktion. Auch hier wird zwar eine homogene Neutralisation erzielt, die aufgewendeten Scherkräfte sind jedoch zu hoch, so daß es zu einem unerwünschten Anstieg der Extrahierbaren kommt.

Nach US-5 453 323 und EP-A-0 530 438 werden ohne Neutralisation der Monomeren aus Acrylsäure zusammen mit wasserlöslichen Hydroxylgruppen enthaltenden Polymeren unter adiabatischen Bedingungen Polymerisatgele hergestellt, die anschließend in einem nicht weiter spezifi-

zierten Fleischwolf zerkleinert werden. Zu diesem zerkleinerten Gel wird das Nachneutralisationsmittel gegeben und das Gemisch wird erneut gewolft. Anschließend erfolgt die Zugabe eines Nachvernetzungsmittels und eine erneute dreimalige Wulfung des Gels, um alle Reaktanden homogen in das Gel einzuarbeiten. Durch diese mehrmalige Wulfung des Gels findet eine unerwünschte Scherbelastung des Gels statt, die zu erhöhten Anteilen von Extrahierbaren führt.

EP-A-0 629 411 beschreibt die die Polymerisation von Acrylsäure mit Vernetzer, wobei das erhaltene Gel anschließend mit einem Alkalisalz teilneutralisiert und durch Zugabe eines Vernetzungsmittels weiter vernetzt wird. Das Verfahren zur Neutralisation ist in der Schrift nicht näher spezifiziert, in einem Beispiel wird das Verkneten des Gels mit dem Neutralisationsmittel in einem Extruder erwähnt.

In DE-A-195 29 348 ist zur Herstellung von superabsorbierenden Polymeren die adiabatische Polymerisation einer teilvorneutralisierten Monomerlösung beschrieben, wobei der Vorneutralisationsgrad der säuregruppenträgenden Monomeren 5 bis 30 Mol-% beträgt. Die Nachneutralisation des sauren Gels erfolgt nach dessen Zerkleinerung in einfachen Mischaggregaten wie in einer rotierenden Trommel oder in einem Draismischer, wobei die wässrige Lösung der Basen beispielsweise über Düsen oder Sprühlanzen eingetragen wird. Auf diese Weise wird zwar eine mechanische Schädigung des Polymergels vermieden, es kann aber keine homogene Neutralisation erzielt werden, da bei der Vermischung mit dem Neutralisationsmittel das Gel nicht aufgeschlossen wird. Die pH-Inhomogenitäten des Gels bewirken wiederum ein verschlechtertes Trocknungsverhalten, welches aus wirtschaftlichen Gründen unerwünscht ist.

Es bestand daher die Aufgabe, ein Verfahren zur Nachneutralisation von sauren Hydrogelen zu finden, bei dem eine homogene Neutralisation erzielt wird und bei dem gleichzeitig die Scherbelastung des Gels minimal ist, so daß kein unerwünschter Anstieg der extrahierbaren Anteile auftritt.

Es wurde nun überraschend gefunden, daß diese Aufgabe durch ein Verfahren gelöst wird, das dadurch gekennzeichnet ist, daß das Hydrogel und das Neutralisationsmittel in einem Wolfmittels eines Systems aus Schnecke, rotierendem Messer, Stauzone und Lochscheibe mit einer Leistung von 1000 bis 6000 Wh/m<sup>3</sup>, bevorzugt von 2500 bis 5000 Wh/m<sup>3</sup>, aufgeschlossen und vermischt wird, wobei das Hydrogel durch eine Zone mit einer Energiedissipationsdichte von 400 bis 800 W/l Mischvolumen geführt wird. Das Verfahren arbeitet mit Verweilzeiten von 5 bis 30 Sekunden. Die Frequenz des rotierenden Messers beträgt 1-5 s<sup>-1</sup>, bevorzugt 3-4 s<sup>-1</sup>. Zur Reduzierung der Scherkräfte beim Mischvorgang im Stauraum vor der Lochscheibe des Apparates sind die Bohrungen der Lochscheibe konisch ausgeführt. Die freie Lochfläche der Lochscheibe beträgt 20 bis 40% vorzugsweise 25 bis 35%, der Lochanfangdurchmesser 4 bis 16 mm, bevorzugt 8 bis 10 mm bei einer konischen Erweiterung unter einem Winkel von 8° bis 20°, vorzugsweise 10° bis 15°.

Die beschriebene Konstruktion erlaubt die Kombination aus hoher Mischgüte und schonender mechanischer Beanspruchung des Gemisches aus Hydrogel und Neutralisationsmittel. Eine einstufige Behandlung erweist sich hierbei als absolut ausreichend für eine homogene Neutralisation, so daß ein mehrmaliges Wolfen des Gels vermieden wird, welches wiederum zu einem Anstieg der Scherbelastung des Gels führen würde, welcher unerwünscht ist.

Die Wahl des Neutralisationsmittels ist unkritisch, geeignete Neutralisationsmittel sind Alkalihydroxide, Ammoniak, aliphatische primäre und sekundäre Amine, Alkalicarbonat und Alkalihydrogencarbonate. Besonders bevorzugt

sind Natriumhydroxid und Natriumcarbonat. Die Zugabe des Neutralisationsmittels kann sowohl in flüssiger Form, z. B. Natronlauge, in fester Form, z. B. Natriumcarbonat-Pulver oder gasförmig, z. B. Ammoniak, erfolgen.

Bei der erfindungsgemäßen Durchführung der Nachneutralisation ist es aufgrund der speziellen Konstruktion des Wolfes auch möglich, zusätzlich andere Reaktanden bzw. Stoffe mit dem zu neutralisierenden Polymergel zu vermischen. Durch dieses Verfahren wird ein mehrstufiges Wolfen vermieden, welches auf unerwünschte Weise zu einer mechanischen Scherbelastung des Gels führen würde.

So können dem Gel Reaktanden zugegeben werden, die mit freier Acrylsäure reagieren können, wie zum Beispiel Aminosäuren wie Cystein oder Lysin, Hydroxylamin und/oder seine Salze wie Hydrochlorid oder Sulfat, Hydrazin und/oder dessen Salze, Ozon oder schwefelhaltige Verbindungen mit reduzierender Wirkung, wie Alkalisulfite, -hydrogen-sulfite oder -disulfite, Natriumthiosulfat oder Mercaptoverbindungen.

Es können dem Gel auch Stoffe zugegeben werden, die mit den Carboxylgruppen des Hydrogels unter Vernetzung reagieren können. Beispiele für solche Stoffe sind mehrwertige Alkohole, mehrwertige Amine, Polyamidoamine und deren Umsetzungsprodukte mit Epichlorhydrin, Di- und Polyepoxide, Bis- und Polyaziridine, Bis- und Polyoxazoline, Di- und Polyisocyanate, Ethylencarbonat oder Oxazolidon.

Desweiteren ist es möglich, das Gel in dieser Stufe mit Feinanteilen superabsorbierender Polymere zu mischen, die beispielsweise bei der Herstellung von wasserquellbaren hydrophilen Hydrogelen bei der Mahlung und anschließenden Absiebung der getrockneten Hydrogele anfallen.

Die Nachneutralisation des sauren Hydrogels kann auch nach einem zweistufigen Verfahren erfolgen. Hierbei wird in der ersten Stufe in einem Wolf, der die zuvor beschriebenen Bedingungen erfüllt, ein Neutralisationsgrad von mindestens 50 Gew.-%, bevorzugt von mindestens 55 Gew.-% und besonders bevorzugt von mindestens 60 Gew.-% eingestellt. In der zweiten Stufe wird durch Aufsprühen eines Neutralisationsmittels bzw. dessen wässriger Lösung auf die Hydrogelpartikel, d. h. ohne mechanische Scherbelastung der Gelpartikel, der Neutralisationsgrad auf den gewünschten End-Neutralisationsgrad erhöht. Das Neutralisationsmittel im zweiten Schritt kann gleich oder verschieden dem Neutralisationsmittel im ersten Schritt sein. Bevorzugt wird für den zweiten Neutralisationsschritt wässrige Natronlauge eingesetzt.

Zur Trocknung der Hydrogelteilchen sind verschiedene Verfahren bekannt. So kann die Trocknung beispielsweise nach dem Dünnfilm-Trockenverfahren, z. B. mit Hilfe eines Zwei-Achsen-Walzentrockners, nach dem Plattentrockenverfahren, gemäß dem die Hydrogelpolymerpartikel auf Platten in mehreren Schichten in einer Trockenkammer geladen werden, in der Heißluft zirkuliert, nach dem Drehtrommel-Verfahren mit Hilfe von Walzentrocknern oder nach dem Förderband-Verfahren, im folgenden auch als Bandtrocknung bezeichnet, erfolgen. Bevorzugt ist die Trocknung mit Hilfe von Walzentrocknern und die Bandtrocknung, bei der mit Löcher versehene Horden eines Kreisförderers in einem Tunnel mit Trocknungsgut beladen und das Trocknungsgut während der Förderung durch Durchblasen von Heißluft durch die Hordenlöcher getrocknet wird.

Das getrocknete Hydrogel wird gegebenenfalls vorzerkleinert und dann gemahlen, wobei die Mahlung bevorzugt mit Hilfe eines Walzenstuhls erfolgt, um den Anfall an Feinteilen möglichst klein zu halten. Bei der anschließenden Siebung wird die Korngrößenverteilung eingestellt, die in der Regel zwischen 100 und 1000 µm, bevorzugt zwischen 120

und 850 µm, liegt. Zu grobe Partikel können erneut der Mahlung unterworfen werden, zu feinteilige Partikel können dem Herstellungsprozeß zurückgeführt werden, beispielsweise durch Vermischung mit dem zu neutralisierenden Gel bei dem Nachneutralisationsschritt im Wolf, oder für getrennte Verwendungszwecke eingesetzt werden.

In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung werden die Absorptionseigenschaften der so erhaltenen hydrophilen, hochquellfähigen Hydrogele durch eine anschließende Oberflächenachvernetzung noch weiter verbessert. Hierzu werden Verbindungen, die mit den Carboxylgruppen des Hydrogels unter Vernetzung reagieren können, vorzugsweise in Form einer wasserhaltigen Lösung auf die Oberfläche der Hydrogel-Partikel aufgebracht. Geeignete Nachvernetzungsmittel sind beispielsweise Di- oder Polyglycidylverbindungen wie Phosphonsäurediglycidylether oder Ethylenglykoldiglycidylether, Alkoxysilylverbindungen, Polyaziridine, Polyamine oder Polyamidoamine sowie deren Umsetzungsprodukte mit Epichlorhydrin. Polyole wie Ethylenglykol, 1,2-Propandiol, 1,4-Butandiol, Glycerin, Di- und Polyglycerin, Pentaerythrit, Sorbit, die Oxethylate dieser Polyole sowie deren Ester mit Carbonsäuren oder der Kohlensäure, Ethylencarbonat, Propylencarbonat, Oxazolidon, Bisoxazolin, Polyoxazoline, Di- und Polyisocyanate. Bei Bedarf können saure Katalysatoren wie beispielsweise p-Toluolsulfonsäure, Phosphorsäure, Borsäure oder Ammoniumdihydrogenphosphat zugesetzt werden.

Geeignete Mischaggregat zum Aufsprühen der Vernetzer-Lösung auf die Hydrogel-Partikel sind beispielsweise Patterson-Kelly-Mischer, DRAIS-Turbulenzmischer, Lödige-Mischer, Schneckenmischer, Tellermischer, Wirbelschichtmischer, Schugi-Mischer. Nach Aufsprühen der Vernetzer-Lösung kann ein Temperaturbehandlungsschritt nachfolgen, bevorzugt in einem nachgeschalteten Trockner, bei einer Temperatur zwischen 80 und 230°C, bevorzugt 80–190°C, und besonders bevorzugt zwischen 100 und 160°C, über einen Zeitraum von 5 Minuten bis 6 Stunden, bevorzugt 10 Minuten bis 2 Stunden und besonders bevorzugt 10 Minuten bis 1 Stunde, wobei sowohl Spaltprodukte als auch Lösungsmittelanteile entfernt werden können.

In einer besonders bevorzugten Ausführung der Erfindung wird zusätzlich die Hydrophilie der Hydrogel-Partikeloberfläche durch Ausbildung von Metallkomplexen modifiziert. Die Bildung der Metallkomplexe auf der äußeren Schale der Hydrogel-Partikel erfolgt durch Aufsprühen von Lösungen zwei- oder mehrwertiger Metallsalz-Lösungen, wobei die Metall-Kationen mit den Carboxylgruppen des Hydrogels unter Ausbildung von Komplexen reagieren können. Beispiele für zwei- oder mehrwertige Metall-Kationen sind  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Sc^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2/3+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{+2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Y^{3+}$ ,  $Zr^{4+}$ ,  $Ag^{+}$ ,  $La^{3+}$ ,  $Ce^{4+}$ ,  $Hf^{4+}$ , und  $Au^{+3+}$ , bevorzugte Metall-Kationen sind  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $Zr^{4+}$  und  $La^{3+}$ , und besonders bevorzugte Metall-Kationen sind  $Al^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$  und  $Zr^{4+}$ . Die Metall-Kationen können sowohl allein als auch im Gemisch untereinander eingesetzt werden. Von den genannten Metall-Kationen sind alle Metallsalze geeignet, die eine ausreichende Löslichkeit in dem zu verwendenden Lösungsmittel besitzen. Besonders geeignet sind Metallsalze mit schwach komplexierenden Anionen wie zum Beispiel Chlorid, Nitrat und Sulfat. Als Lösungsmittel für die Metallsalze können Wasser, Alkohole, DMF, DMSO sowie Mischungen dieser Komponenten eingesetzt werden. Besonders bevorzugt sind Wasser und Wasser/Alkohol-Mischungen wie zum Beispiel Wasser/Methanol oder Wasser/1,2-Propandiol.

Das Aufsprühen der Metallsalz-Lösung auf die Hydrogel-Partikel kann sowohl vor als auch nach der Oberflächenachvernetzung der Hydrogel-Partikel erfolgen. In einem

besonders bevorzugten Verfahren erfolgt das Aufsprühen der Metallsalz-Lösung im gleichen Schritt mit dem Aufsprühen der Vernetzer-Lösung, wobei beide Lösungen getrennt nacheinander oder gleichzeitig über zwei Düsen aufgesprüht werden, oder Vernetzer- und Metallsalz-Lösung vereint über eine Düse aufgesprüht werden können.

Gegebenenfalls kann noch eine weitere Modifizierung der Hydrogel-Partikel durch Zumischung feinteiliger anorganischer Feststoffe, wie zum Beispiel Silica, Aluminiumoxid, Titandioxid und Eisen(II)-oxid erfolgen, wodurch die Effekte der Oberflächenachbehandlung noch weiter verstärkt werden. Besonders bevorzugt ist die Zumischung von hydrophilem Silica oder von Aluminiumoxid mit einer mittleren Größe der Primärteilchen von 4 bis 50 nm und einer spezifischen Oberfläche von 50–450 m<sup>2</sup>/g. Die Zumischung feinteiliger anorganischer Feststoffe erfolgt bevorzugt nach der Oberflächenmodifizierung durch Vernetzung/Komplexbildung, kann aber auch vor oder während diesen Oberflächenmodifizierungen durchgeführt werden. Die erfindungsgemäßen Hydrogele zeichnen sich durch hervorragendes Absorptionsvermögen, hohe Kapillarität und niedrige Gehalte an Extrahierbaren aus und sind deshalb in hervorragender Weise als Absorptionsmittel für Wasser und wäßrige Flüssigkeiten, insbesondere von Körperflüssigkeiten, wie z. B. Urin oder Blut geeignet, beispielsweise in Hygieneartikeln wie z. B. Baby- und Erwachsenenwindeln, Damenbinden, Tampons und dergleichen. Sie können aber auch als Bodenverbesserungsmittel in Landwirtschaft und Gartenbau, als Feuchtigkeitsbindemittel bei der Kabelummantelung sowie zum Eindicken wäßriger Abfälle verwendet werden.

Beschreibung der in den Beispielen verwendeten Testmethoden

#### CRC (Centrifuge Retention Capacity)

Zur Bestimmung der CRC werden 0,2 g SAP (Kornfraktion 106–850 µm) in einen 60 × 85 mm großen Teebeutel eingewogen, der anschließend verschweißt wird. Der Teebeutel wird dann in einen Überschuß von 0,9 Gew.-%iger Kochsalz-Lösung gegeben (mindestens 0,83 l Kochsalz-Lösung/l g SAP). Nach 30 Minuten Quellzeit wird der Teebeutel aus der Kochsalz-Lösung genommen und bei 250 g drei Minuten lang zentrifugiert. Durch Wägung des zentrifugierten Teebeutels wird die von dem SAP festgehaltene Flüssigkeitsmenge ermittelt.

#### Extrahierbare (16 h)

Zur Bestimmung der Extrahierbaren werden 1 g SAP (Kornfraktion 106–850 µm) in 200 ml 0,9 Gew.-%ige Kochsalzlösung eingerührt. Das Becherglas wird abgedichtet und die Mischung 16 h lang gerührt. Danach wird durch einen 0,22 µm-Filter abfiltriert und der Gehalt an Extrahierbaren durch eine Säure-Base-Titration der Carboxylgruppen bestimmt (Titration mit 0,1 normaler NaOH bis pH 10, anschließend Titration mit 0,1 normaler HCl bis pH 2,7).

#### Vertikal-Absorption

Die Kapillarität wird mit Hilfe der Vertikal-Absorption bestimmt. Die Testapparatur besteht aus Meßzellen und einem Flüssigkeitsbehälter. Die Meßzellen stellen ein zylindrisches Plexiglas-Rohr mit einem Innendurchmesser von 2,6 cm und einer Länge von 15 cm dar. Das obere Ende des Rohres ist offen, das untere Ende des Rohres besitzt einen 36 µm-Siebboden. In Höhe von 3 cm (vom unteren Ende des

Rohres) besitzt das Rohr einen Tragrings. Der Flüssigkeitsbehälter ist ein Plexiglastasten von 30,0 cm Länge, 20,5 cm Breite und 3,8 cm Höhe. Im Abstand von 1,5 cm von einer Querseite ist eine 2 cm hohe Überlaufwand eingebaut. Auf der gegenüberliegenden Seite befindet sich eine Verbindung zum Flüssigkeitsbehälter, so daß ein konstanter Flüssigkeitsspiegel gewährleistet ist. Der Plexiglastasten besitzt einen abnehmbaren Deckel, der mit 6 kreisrunden Löchern mit einem Durchmesser von jeweils 3,2 cm versehen ist. Zur Durchführung der Messung wird 1 g SAP (Vertikalabsorption 1 g) bzw. 3 g SAP (Vertikalabsorption 3 g) in eine Meßzelle eingewogen, wobei die SAP-Partikel gleichmäßig auf dem Siebboden verteilt werden. Anschließend werden die SAP-Partikel mit einer wandgängigen Plexiglasscheibe überdeckt und ein wandgängiger Plexiglaszylinder mit Metallstiel eingeführt, wobei das Gesamtgewicht der Plexiglasscheibe und des Zylinders mit Stiel 100 g beträgt, so daß auf den SAP-Partikeln ein Druck von  $19,6 \text{ g/cm}^2$  lastet. Der Flüssigkeitsbehälter wird mit 0,9 Gew.-%iger Kochsalz-Lösung gefüllt. Dann wird die Meßzelle durch eine Bohrung des Deckels in die Flüssigkeit eingetaucht (Eintauchtiefe: 1,2 cm), wobei die Meßzelle durch den Tragrings gehalten wird. Es können gleichzeitig bis zu 6 Meßzellen vermessen werden. Die Meßzellen werden 60 Minuten lang im Flüssigkeitsbehälter belassen, wobei die SAP-Partikel unter Quellung Flüssigkeit entgegen der Schwerkraft unter zusätzlicher Gewichtsbelastung aufnehmen. Aufgrund der sehr hohen Flächenbelegung an SAP-Partikeln sind zur Erzielung einer hohen Quellhöhe eine hohe Permeabilität der Gelschicht und eine hohe Kapillarität notwendig. Nach 60 Minuten wird die Meßzelle aus dem Flüssigkeitsbehälter genommen und die Höhe des gequollenen Gels bestimmt.

#### Beispiele

##### Beispiel 1

In einem Ansatzkessel 1 wurde eine Mischung aus 367,7 kg E-Wasser, 130,0 kg Acrylsäure, 1,0 kg Pentaerythritoltrialylether, 220 g 2,2'-Azobisamindinopropandihydrochlorid und 400 g Kaliumperoxodisulfat von Luftsauerstoff befreit und auf  $4^\circ\text{C}$  temperiert. In einem weiteren Ansatzkessel 2 wurde eine von Luftsauerstoff befreite Lösung von 40 g Ascorbinsäure in 20 kg Wasser hergestellt. Nach Fertigstellung der Lösungen wurde der Inhalt der beiden Ansatzkessel unter einem Druck von 1,5 bar im Stickstoffgegenstrom synchron in den Polymerisationsreaktor eingepreßt, wobei beide Lösungen mit Hilfe eines statischen Mischers vor Eintritt in den Reaktor gemischt wurden. Der Polymerisationsreaktor ist ein 600 l-Rohr-Reaktor mit einem Durchmesser von 0,50 m, der sich am Ende konusartig verjüngt. Der Rohrreaktor wurde dann verschlossen und die Reaktionslösung wird ohne Rühren stehengelassen, wobei durch einsetzende Polymerisation, in deren Verlauf die Temperatur bis auf ca.  $86^\circ\text{C}$  ansteigt, ein festes Gel entsteht. Man ließ über Nacht auf Raumtemperatur abkühlen und preßte danach am Kopf des Reaktors einen Stickstoffdruck von 6 bar auf. Nach Öffnen des Absperrventils, welches sich am Ende des Konus des Reaktors befindet, konnte das Gel mit Hilfe einer Pumpe ausgetragen werden, wobei das Gel durch die Wirkung der Pumpe zerkleinert wurde. Das Hydrogel wurde anschließend zusammen mit einer 50 Gew.-%igen Lösung an Natriumhydroxid einem Wolfzugeführt, der wie folgt charakterisiert ist:

Leistung:  $5000 \text{ Wh/m}^3$

Frequenz des rotierenden Messers:  $3 \text{ s}^{-1}$

Energiedissipationsdichte:  $750 \text{ W/l}$  Mischvolumen

Verweilzeit des Hydrogels im Wolf: 25 s

freie Lochfläche der Lochscheibe: 30%

Lochanfangdurchmesser der Lochflächen: 8 mm (mit konischer Erweiterung unter einem Winkel von  $15^\circ$ ),

wobei die Mengenanteile Hydrogel und Natronlauge so gewählt wurden, daß ein durchschnittlicher Neutralisationsgrad der Acrylsäureeinheiten des Hydrogels von 74 Mol-% erreicht wurde. Die pH-Homogenität des einmal gewolfen Hydrogels wurde durch Aufsprühen von pH-Indikator-Lösung überprüft. Die Hydrogel-Partikel wurden dann mit Hilfe eines Walzentrockners getrocknet, gemahlen und die Kornfraktion 106–850  $\mu\text{m}$  ausgesiebt. In einem Lödige-Pflugschärmmischer von 100 l Inhalt wurden 35 kg dieses Hydrogel-Pulvers vorgelegt. Im Verlauf von 5 bis 10 Minuten wurde eine Lösung von 35 g Ethylenglykoldiglycidylether, 1170 g Wasser und 580 g 1,2-Propandiol aufgedüst. Es wurde auf  $120^\circ\text{C}$  Produktemperatur angeheizt und 60 Minuten bei dieser Temperatur gehalten, um das Lösungsmittel wieder abzudestillieren. Anschließend wurde abgekühlt, das Produkt ausgetragen und die Kornfraktion 120–850  $\mu\text{m}$  abgesiebt. Man erhielt ein Produkt, das gekennzeichnet ist durch folgende physikalischen Daten, alle gemessen in 0,9 Gew.-%iger Kochsalz-Lösung:

CRC = 32 g/g

Extrahierbare 16 h = 1,5%

Vertikal-Absorption (1 g), Quellhöhe = 4,2 cm

##### Beispiel 2

Ein mit Aluminium beschichteter Tetrafluorethylen-Ethylen-Copolymerfilm wurde an der Oberfläche eines endlosen Bandes aus rostfreiem Stahl mit einer Breite von 450 mm und einer wirksamen Länge von 3000 mm so befestigt, daß die metallisierte Oberfläche mit der Bandoberfläche in Kontakt steht. Das endlose Band wurde in eine mit Stickstoff gefüllte Kammer, um die Sauerstoffkonzentration bei nicht mehr als 1 Vol.-% zu halten, eingeführt, während Sprüheinrichtungen so angeordnet waren, daß heißes oder kaltes Wasser auf die Rückseite des endlosen Bandes aufgesprüht werden konnte. Das endlose Band wurde mit einer Geschwindigkeit von 100 mm/min transportiert und Wasser von  $15^\circ\text{C}$  wird nach oben auf das Band aufgesprüht.

In einem Ansatzkessel 1 wurden 5080 Gewichtsanteile E-Wasser vorgelegt, 669 Gewichtsanteile Natriumbicarbonat darin suspendiert und langsam ein Gemisch aus 2294 Gewichtsanteilen Acrylsäure und 8 Gewichtsanteilen Methylenbisacrylamid so zudosiert, daß ein Übersäumen der Reaktionslösung vermieden wurde, wobei sich diese auf eine Temperatur von ca.  $3\text{--}5^\circ\text{C}$  abkühlte. Bei einer Temperatur von  $4^\circ\text{C}$  wurden 2,2 Gewichtsanteile 2,2'-Azobisaminopropandihydrochlorid, gelöst in 20 Gewichtsanteilen E-Wasser, und 4 Gewichtsanteile Kaliumperoxodisulfat, gelöst in 150 Gewichtsanteilen E-Wasser, nacheinander zugegeben und gut verrührt. In einem zweiten Ansatzkessel 2 wurde eine Lösung von 0,4 Gewichtsanteilen Ascorbinsäure in 50 Gewichtsanteilen E-Wasser hergestellt.

Die Lösungen aus Ansatzkessel 1 und 2 wurden dann im Verhältnis 80 : 1 über einen statischen Mischer kontinuierlich mit einer Rate von 135 l/h auf ein Ende des sich bewegendes Bandes aufgebracht.

Unter den obengenannten Bedingungen betrug die Zeit, innerhalb der die Monomerlösung der Polymerisation auf dem sich bewegendes Band unterworfen wurde, 30 Minuten und die Dicke der Monomerlösungsschicht auf dem Band betrug etwa 5 cm.

Am anderen Ende des endlosen Bandes wurde 30 Minu-

ten nach Beginn der Zuführung der wäßrigen Monomerlösung ein Polymergel in Form eines Stranges mit einer Dicke von etwa 5 cm erhalten. Dieser Polymergelstrang wurde von der Bandoberfläche abgelöst und direkt in eine Schneideinrichtung vom Walzentyp eingeführt. Man erhielt so zerkleinerte Hydrogel-Teilchen, die zusammen mit 0,9 Gew.-% (bezogen auf Acrylsäure) Festsubstanz eines handelsüblichen kationischen Polyamidoaminharzes (KYMENE 557H® der Hercules Corp., USA), sowie mit einer 50 gew.-%igen Lösung an Natriumhydroxid dem in Beispiel 1 beschriebenen Wölfzuggeführt wurden, wobei die Mengenteile Hydrogel und Natronlauge so gewählt wurden, daß ein durchschnittlicher Neutralisationsgrad der Acrylsäureeinheiten des Hydrogels von 70 Mol-% erreicht wurde. Die pH-Homogenität des einmal gewolften Hydrogels wurde durch Aufsprühen von pH-Indikator-Lösung überprüft. Das gewolfte Hydrogel wurde dann heißluftgetrocknet, wobei die Lufttemperatur 175°C beträgt, die Luftgeschwindigkeit 1,5 m/s und die Verweilzeit im heißen Luftstrom 20 Minuten. Man erhielt ein Produkt, das nach Mahlung und Aussiebung der Kornfraktion 106–850 µm gekennzeichnet ist durch folgende physikalischen Daten, alle gemessen in 0,9 gew.-%iger Kochsalz-Lösung:

CRC = 29 g/g

Extrahierbare 16 h = 1,2%

Vertikal-Absorption (1 g), Quellhöhe = 3,8 cm

#### Beispiel 3

In einem Ansatzkessel 1 wurde eine Mischung aus 367,7 kg E-Wasser, 130,0 kg Acrylsäure, 0,2 kg Allylmethacrylat, 0,5 kg Tetraallyloxyethan, 0,4 kg Divinyladipinat, 220 g 2,2'-Azobisaminopropandihydrochlorid und 350 g Kaliumperoxodisulfat von Luftsauerstoff befreit und auf 4°C temperiert. In einem weiteren Ansatzkessel 2 wurde eine von Luftsauerstoff befreite Lösung von 40 g Ascorbinsäure in 20 kg Wasser hergestellt. Nach Fertigstellung der Lösungen wurde der Inhalt der beiden Ansatzkessel unter einem Druck von 1,5 bar im Stickstoffgegenstrom synchron in den in Beispiel 1 beschriebenen Polymerisationsreaktor eingepreßt, wobei beide Lösungen mit Hilfe eines statischen Mischers vor Eintritt in den Reaktor gemischt wurden. Der Reaktor wurde dann verschlossen und die Reaktionslösung wurde ohne Rühren stehengelassen, wobei durch einsetzende Polymerisation, in deren Verlauf die Temperatur bis auf ca. 86°C ansteigt, ein festes Gel entstand. Man ließ über Nacht auf Raumtemperatur abkühlen und preßte danach am Kopf des Reaktors einen Stickstoffdruck von 6 bar auf. Nach Öffnen des Absperrventils, welches sich am Ende des Konus des Reaktors befindet, konnte das Gel mit Hilfe einer Pumpe ausgetragen werden, wobei das Gel durch die Wirkung der Pumpe zerkleinert wurde. Das Hydrogel wurde anschließend zusammen mit einer 50 gew.-%igen Lösung an Natriumhydroxid einem Wolf zugeführt, der wie folgt charakterisiert ist:

Leistung: 4000 Wh/m<sup>3</sup>

Frequenz des rotierenden Messers: 3 s<sup>-1</sup>

Energiedissipationsdichte: 6000 W/l Mischvolumen

Verweilzeit des Hydrogels im Wolf: 20 s

freie Lochfläche der Lochscheibe: 32%

Lochanfangdurchmesser der Lochflächen: 10 mm (mit konischer Erweiterung unter einem Winkel von 12°), wobei die Mengenteile Hydrogel und Natronlauge so gewählt wurden, daß ein durchschnittlicher Neutralisationsgrad der Acrylsäureeinheiten des Hydrogels von 74 Mol-% erreicht wurde. Die pH-Homogenität des einmal gewolften

Hydrogels wurde durch Aufsprühen von pH-Indikator-Lösung überprüft. Die Hydrogel-Partikel wurden dann mit Hilfe eines Walzentrockners getrocknet, gemahlen und die Kornfraktion 106–850 µm ausgesiebt. 6 kg des Hydrogel-Pulvers wurden in einem Petterson & Kelly-Mischer von 10 l Inhalt vorgelegt. Unter Mischen wurde im Verlauf von 5 Minuten eine Lösung aus 10 g Bisoxazolin, 12 g Aluminiumsulfat, 225 g i-Propanol und 225 g Wasser aufgedüst und 1 Minute nachgemischt. Das Produkt wurde anschließend im Trockenschrank 30 Minuten bei 185°C nachgetempert. Es war gekennzeichnet durch folgende physikalischen Daten, alle gemessen in 0,9 gew.-%iger Kochsalz-Lösung:

CRC = 35 g/g

15 Extrahierbare 16 h = 3,2%

Vertikal-Absorption (1 g), Quellhöhe = 4,0 cm

#### Beispiel 4

In einem Ansatzkessel 1 wurde eine Mischung aus 367,7 kg E-Wasser, 130,0 kg Acrylsäure, 2,0 kg PEG400-diallylether, 0,5 kg Triallyl-s-Triazin-2,4,6(1H,3H,5H)-trion, 220 g 2,2'-Azobisaminopropandihydrochlorid und 300 g Kaliumperoxodisulfat von Luftsauerstoff befreit und auf 2°C temperiert. In einem weiteren Ansatzkessel 2 wurde eine von Luftsauerstoff befreite Lösung von 40 g Ascorbinsäure in 20 kg Wasser hergestellt. Nach Fertigstellung der Lösungen wurde der Inhalt der beiden Ansatzkessel unter einem Druck von 1,5 bar im Stickstoffgegenstrom synchron in den in Beispiel 1 beschriebenen Polymerisationsreaktor eingepreßt, wobei beide Lösungen mit Hilfe eines statischen Mischers vor Eintritt in den Reaktor gemischt wurden. Der Reaktor wurde dann verschlossen und die Reaktionslösung wird ohne Rühren stehengelassen, wobei durch einsetzende Polymerisation, in deren Verlauf die Temperatur bis auf ca. 82°C ansteigt, ein festes Gel entsteht. Man ließ über Nacht auf Raumtemperatur abkühlen und preßte danach am Kopf des Reaktors einen Stickstoffdruck von 6 bar auf. Nach Öffnen des Absperrventils, welches sich am Ende des Konus des Reaktors befindet, konnte das Gel mit Hilfe einer Pumpe ausgetragen werden, wobei das Gel durch die Wirkung der Pumpe zerkleinert wurde. Das Hydrogel wurde anschließend zusammen mit 0,05 Gew.-% Oxazolidon bezogen auf Acrylsäure und einer 50 gew.-%igen Lösung an Natriumhydroxid dem in Beispiel 3 beschriebenen Wolf zugeführt, wobei die Mengenteile Hydrogel und Natronlauge so gewählt wurden, daß ein durchschnittlicher Neutralisationsgrad der Acrylsäureeinheiten des Hydrogels von 72 Mol-% erreicht wurde. Die pH-Homogenität des einmal gewolften Hydrogels wurde durch Aufsprühen von pH-Indikator-Lösung überprüft. Die Hydrogel-Partikel wurden dann heißluftgetrocknet, wobei die Lufttemperatur 165°C, die Luftgeschwindigkeit 2 m/s und die Verweilzeit 20 Minuten betrug. Nach Mahlung und Aussiebung der Kornfraktion 106–850 µm wurden 35 kg dieses Hydrogel-Pulvers in einem Lödige-Pflugscharmischer von 100 l Inhalt vorgelegt. Im Verlauf von 5 bis 10 Minuten wurde eine Lösung von 70 g Polyglycerinpolyglycidylether (Denacol EX-512® von Nagase Chemicals Ltd.), 10 g Zitronensäure, 1300 g Wasser und 3900 g Methanol aufgedüst. Es wurde auf 150°C Produkttemperatur angeheizt und 40 Minuten bei dieser Temperatur gehalten, um das Lösungsmittel wieder abdestillieren. Anschließend wurde abgekühlt, das Produkt ausgetragen, mit 0,05 Gew.-% hydrophilem Silica (Aerosil 200) abgemischt und die Kornfraktion 120–850 µm abgesiebt. Man erhielt ein Produkt, das gekennzeichnet ist durch folgende physikalischen Daten, alle gemessen in 0,9 gew.-%iger Kochsalzlösung:



CRC = 30 g/g

Extrahierbare 16 h = 2,0%

Vertikal-Absorption (1 g), Quellhöhe = 5,3 cm.

#### Beispiel 5

In einem Ansatzkessel 1 wurden 5080 Gewichtsanteile E-Wasser vorgelegt, 500 Gewichtsanteile Natriumbicarbonat darin suspendiert und langsam ein Gemisch aus 2412 Gewichtsanteilen Acrylsäure und 20 Gewichtsanteilen Allyl-methacrylat so zudosiert, daß ein Übersäumen der Reaktionslösung vermieden wurde, wobei sich diese auf eine Temperatur von ca. 3–5°C abkühlt. Bei einer Temperatur von 4°C wurden 2,5 Gewichtsanteile 2,2'-Azobisaminopropan-dihydrochlorid, gelöst in 20 Gewichtsanteilen E-Wasser, und 4 Gewichtsanteile Kaliumperoxodisulfat, gelöst in 150 Gewichtsanteilen E-Wasser, nacheinander zugegeben und gut verrührt. In einem zweiten Ansatzkessel 2 wurde ein Lösung von 0,6 Gewichtsanteilen Ascorbinsäure in 50 Gewichtsanteilen E-Wasser hergestellt.

Die Lösungen aus Ansatzkessel 1 und 2 wurden dann im Verhältnis 80 : 1 über einen statischen Mischer kontinuierlich mit einer Rate von 135 l/h auf ein Ende des sich bewegenden Bandes des in Beispiel 2 beschriebenen Reaktors aufgebracht.

Unter den obengenannten Bedingungen betrug die Zeit, innerhalb der die Monomerlösung der Polymerisation auf dem sich bewegenden Band unterworfen wurde, 30 Minuten und die Dicke der Monomerlösungsschicht auf dem Band betrug etwa 5 cm.

Am anderen Ende des endlosen Bandes wurde 30 Minuten nach Beginn der Zuführung der wäßrigen Monomerlösung ein Polymergel in Form eines Stranges mit einer Dicke von etwa 5 cm erhalten. Dieser Polymergelstrang wurde von der Bandoberfläche abgelöst und direkt in eine Schneideeinrichtung vom Walzentyp eingeführt. Man erhielt so zerkleinerte Hydrogelteilchen, die zusammen mit pulverförmigem Natriumcarbonat dem in Beispiel 1 beschriebenen Wolf zugeführt wurden, wobei die Mengenanteile Hydrogel und Natriumcarbonat so gewählt wurden, daß ein durchschnittlicher Neutralisationsgrad der Acrylsäureeinheiten des Hydrogels von 60 Mol-% erreicht wurde. Anschließend wurden die Hydrogelpartikel in einem kontinuierlichen Drehrohr-Mischer mit 50 gew.-%iger Natronlauge besprüht, so daß sich ein End-Neutralisationsgrad der Acrylsäureeinheiten des Hydrogels von 70 Mol-% ergab. Man erhielt sehr lockere, flockige Gele mit separierten Gelteilchen, die heißluftgetrocknet wurden, wobei die Lufttemperatur 180°C betrug, die Luftgeschwindigkeit 2,5 m/s und die Verweilzeit 10 Minuten. Nach Mahlung und Aussiebung der Kornfraktion 106–850 µm wurden 35 kg des Hydrogel-Pulvers in einem Lödige-Pflugschärmmischer von 100 l Inhalt vorgelegt. Im Verlauf von 5 bis 10 Minuten wurde gleichzeitig über zwei Düsen eine Lösung von 50 g KYMENE 557H®, 600 g Wasser und 600 g 1,2-Propandiol sowie eine Lösung von 14 g Ethylenglykoldiglycidylether, 53 g Aluminiumsulfat, 840 g Wasser und 360 g 1,2-Propandiol aufgedüst. Es wurde auf 170°C Produkttemperatur angeheizt und 15 Minuten bei dieser Temperatur gehalten, um das Lösungsmittel wieder abzudestillieren. Anschließend wurde abgekühlt, das Produkt ausgetragen und die Kornfraktion 120–850 µm abgesiebt. Man erhielt ein Produkt, das gekennzeichnet ist durch folgende physikalischen Daten, alle gemessen in 0,9 gew.-%iger Kochsalz-Lösung:

CRC = 24 g/g

Extrahierbare 16 h = 1,8%

Vertikal-Absorption (3 g), Quellhöhe = 5,4 cm

Die nach den Beispielen 1 bis 5 erhaltenen Hydrogele zeichnen sich durch hervorragendes Absorptionsvermögen bei hoher Kapillarität und niedrigen Gehalten an Extrahierbaren aus, und sind deshalb in hervorragender Weise als Absorptionsmittel für Wasser und wäßrige Flüssigkeiten, insbesondere von Körperflüssigkeiten, wie z. B. Urin oder Blut geeignet, beispielsweise in Hygieneartikeln wie z. B. Baby- und Erwachsenenwindeln, Damenbinden, Tampons und dergleichen.

#### Patentansprüche

1. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel auf Basis (co)polymerisierter Monomere oder auf Basis von Propf(co)polymeren, hergestellt durch

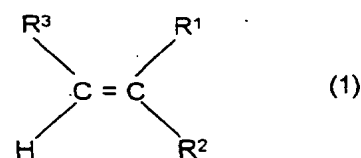
- radikalische (Co)polymerisation von einem oder mehreren hydrophilen Monomeren oder Pfropf(co)polymerisation von einem oder mehreren hydrophilen Monomeren auf eine Pfropfgrundlage, wobei der durchschnittliche Neutralisationsgrad der säuregruppenhaltigen Monomeren 0 bis 40 Mol-% beträgt
- Zerkleinerung des sauren Hydrogels
- Nachneutralisation des sauren Hydrogels auf einen End-Neutralisationsgrad von 50–85 mol-% durch Zugabe eines Neutralisationsmittels
- Trocknung, Mahlung und Siebung der Hydrogelteilchen,

dadurch gekennzeichnet, daß das Hydrogel

- eine Zentrifugenretention für eine 0,9%ige wäßrige NaCl-Lösung von mindestens 29 g/g und
- eine Quellhöhe bei der Vertikalabsorption (1 g) von mindestens 3,5 cm einen Gehalt an Extrahierbaren (16 h-Wert) kleiner 5% aufweist
- oder
- eine Zentrifugenretention für eine 0,9%ige wäßrige NaCl-Lösung von mindestens 23 g/g und
- eine Quellhöhe bei der Vertikalabsorption (3 g) von mindestens 5 cm
- einen Gehalt an Extrahierbaren (16 h-Wert) kleiner 4% aufweist.

2. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Polymerisation in Ruhe erfolgt.

3. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß Anspruch 1 und/oder 2, gekennzeichnet dadurch, daß hydrophile Monomere Verbindungen der Formel (1)

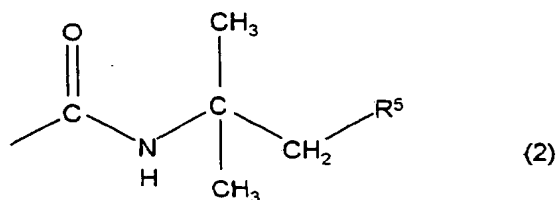


worin

R<sup>1</sup> Wasserstoff, Methyl oder Ethyl,

R<sup>2</sup> die Gruppe -COOR<sup>4</sup>, die Sulfonylgruppe, die Phosphonylgruppe, die mit (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)-Alkanol veresterte Phosphonylgruppe oder eine Gruppe der Formel (2)





R<sup>3</sup> Wasserstoff, Methyl, Ethyl oder die Carboxylgruppe, 10

R<sup>4</sup> Wasserstoff, Amino oder Hydroxy-(C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)-Alkyl und

R<sup>5</sup> die Sulfonylgruppe, die Phosphonylgruppe oder die Carboxylgruppe bedeuten, sind. 15

4. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß geeignete Pflanzgrundlagen Stärke, Stärkederivate, Cellulose, Cellulosederivate, Polyvinylalkohol, Polyalkylenoxid, Polyethylenoxid, Polypropylenoxid und hydrophile Polyester sind. 20

5. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, daß die (Co)polymerisation der hydrophilen Monomeren in Anwesenheit von Vernetzern durchgeführt wird. 25

6. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß die Nachneutralisation des sauren Hydrogels auf einen End-Neutralisationsgrad von 50-85 mol-% durch Vermischung mit einem Neutralisationsmittel in einem Wolfmittels einem System aus Schnecke, rotierendem Messer, Stauzone und Lochscheibe erfolgt, wobei 30

a) die Leistung des Wolfes 1000 bis 6000 Wh/m<sup>3</sup> beträgt 35

b) das Hydrogel durch eine Zone mit einer Energiedissipationsdichte von 400 bis 800 W/l Mischvolumen geführt wird

c) die mittlere Verweilzeit des Hydrogels im Wolf 5 bis 30 Sekunden beträgt 40

d) die freie Lochfläche der Lochscheibe 20 bis 40% beträgt

und daß die nachneutralisierten Hydrogelteilchen ohne weitere Scherbelastung dem Trocknungsschritt unterworfen werden. 45

7. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß bei der Nachneutralisation des Gels zusammen mit dem Neutralisationsmittel noch ein oder mehrere andere Stoffe, die mit freier Acrylsäure und/oder mit den Carboxylgruppen des Hydrogels reagieren können, und/oder Feinkorn von wasserquellbaren hydrophilen Polymeren zugesetzt wird. 50

8. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Hydrogel eine Zentrifugenretention für eine 0,9%ige wäßrige NaCl-Lösung von mindestens 31 g/g aufweist. 55

9. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Hydrogel eine Zentrifugenretention für eine 0,9%ige wäßrige NaCl-Lösung von mindestens 33 g/g aufweist. 60

10. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Hydrogel eine Zentrifugenretention für eine 0,9%ige wäßrige NaCl-Lösung von 65

mindestens 35 g/g aufweist.

11. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Hydrogel eine Quellschicht bei der Vertikalabsorption (1 g) von mindestens 4,0 cm aufweist.

12. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Hydrogel eine Quellschicht bei der Vertikalabsorption (1 g) von mindestens 5,0 cm aufweist.

13. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachneutralisation in zwei Schritten durchgeführt wird, wobei der erste Neutralisationsschritt im Wolf stattfindet und der zweite Neutralisationsschritt durch Aufbringen des Neutralisationsmittels ohne mechanische Scherbelastung auf die Hydrogelpartikel erfolgt.

14. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die getrockneten und gemahlenen Hydrogelteilchen kovalent oberflächennachvernetzt werden.

15. Hydrophiles, hochquellfähiges Hydrogel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der getrockneten und gemahlenen Hydrogelpartikel durch die Bildung von Metallkomplexen modifiziert wird.

16. Verwendung der Hydrogele gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15 als Absorptionsmittel für Wasser und wäßrige Flüssigkeiten.

17. Verwendung gemäß Anspruch 16 zur Absorption von Körperflüssigkeiten, insbesondere in Hygieneartikeln, wie z. B. Windeln, Tampons oder Damenbinden.